



**TUGAS AKHIR - TF 141581**

**STUDI PENAMBAHAN INHIBITOR PADA  
*STAINLESS STEEL* AISI 316L DI JALUR  
*OFF-GAS* UNIT PENGOLAHAN NIKEL  
*ROTARY DRYER***

HILYATUL A'IMAH  
NRP. 0231 1645 000 019

Dosen Pembimbing  
Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT  
Yulius Erwin Tandiyu, ST, MM

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





FINAL PROJECT - TF141581

***STUDY OF ADDITIONAL INHIBITOR TO THE  
STAINLESS STEEL AISI 316L IN OFF-GAS LINE  
AT ROTARY DRYER UNIT OF NICKEL  
SMELTING PLANT***

HILYATUL A'IMAH  
NRP. 0231 1645 000 019

Supervisor  
Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT  
Yulius Erwin Tandiyu, ST, MM

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Hilyatul A'imah  
NRP : 02311645000019  
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ Lintas Jalur S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Studi Penambahan Inhibitor Pada *Stainless Steel* AISI 316L di Jalur *Off-Gas* Unit Pengolahan Nikel *Rotary Dryer*” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, Juli 2018  
Yang membuat pernyataan,



Hilyatul A'imah  
NRP. 02311645000019



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**STUDI PENAMBAHAN INHIBITOR PADA  
STAINLESS STEEL AISI 316L DI JALUR OFF-GAS  
UNIT PENGOLAHAN NIKEL *ROTARY DRYER***

Oleh:  
**Hilyatul A'imah**  
**NRP. 2311645000019**

**Surabaya, 27 Juli 2018**  
**Mengetahui/Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

  
**Dr. Ing. Doty Dewi Risanfi, ST, MT**  
**NIPN. 19740903 199802 2 001**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Yulius Erwin Tandiayu, ST, MM**  
**NIK. BN 10407**

  
**Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS**  
  
**Agus Muhamad Hatta, ST, MSI, PhD**  
**NIPN. 19780902 200312 1 002**





**STUDI PENAMBAHAN INHIBITOR PADA  
STAINLESS STEEL AISI 316L DI JALUR OFF-GAS  
UNIT PENGOLAHAN NIKEL ROTARY DRYER**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Bahan  
Program Studi Lintas Jalur S-1 Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HILYATUL A'IMAH**  
NRP. 2311645000019

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.-Ing. Doty Dewi R., ST, MT ..... (Pembimbing I)
2. Yulius Erwin Tandiyu, ST, MM ..... (Pembimbing II)
3. Detak Yan Pratama, ST, MSc ..... (Penguji I)
4. Lizda Johar Mawarani, ST, MT ..... (Penguji II)
5. Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, PhD ..... (Penguji III)

**SURABAYA  
JULI 2018**



**STUDI PENAMBAHAN INHIBITOR  
PADA *STAINLESS STEEL* AISI 316L DI JALUR *OFF-GAS*  
UNIT PENGOLAHAN NIKEL *ROTARY DRYER***

**Nama** : Hilyatul A'imah  
**NRP** : 02311645000019  
**Departemen** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT  
Yulius Erwin Tandiayu, ST, MM

**Abstrak**

Batubara merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang banyak dimanfaatkan untuk kegiatan industri. Dalam pemanfaatannya di industri, pembakaran batubara menyebabkan polutan dan emisi CO<sub>2</sub> yang tinggi. Gas-gas polutan seperti N, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dan SO<sub>3</sub> di jalur *off gas* sangat berkontribusi dalam kasus mekanisme korosi di cerobong (*stack*), dimana udara *off gas* mengandung sifat keasaman yang tinggi. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan menambahkan inhibitor. Inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan korosif, meskipun dengan jumlah yang sedikit tetapi dapat menurunkan laju korosi logam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adanya inhibitor *methylene blue* mampu menghambat terjadinya korosi yang terjadi pada baja SS316L, hal tersebut dibuktikan dengan tidak terjadi perubahan warna pada sampel ketika di uji pada suhu 100 °C. Sedangkan konsentrasi inhibitor sangat mempengaruhi keefektifan dari kinerja inhibitor dalam menurunkan laju korosi, dimana penurunan laju korosi dapat terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi pada inhibitor. Penurunan laju korosi terbesar terjadi pada penambahan konsentrasi 120ppm yaitu sebesar 0,07352001 mm/year pada suhu 60 °C dan 0,06126667 mm/year pada temperatur 100°C.

**Kata kunci** : *off gas*, inhibitor, laju korosi



**STUDY OF ADDITIONAL INHIBITOR TO THE STAINLESS  
STEEL AISI 316L IN OFF-GAS LINE AT ROTARY DRYER  
UNIT OF NICKEL SMELTING PLANT**

**Name** : Hilyatul A'imah  
**NRP** : 02311645000019  
**Department** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisor** : Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT  
Yulius Erwin Tandiayu, ST, MM

***Abstract***

*Coal is one of the alternative fuels that are used for industrial process. In industrial application, coal combustion causes high pollutants and CO<sub>2</sub> emissions. Gaseous pollutants such as N, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, and SO<sub>3</sub> in off gas lines strongly contribute to the case of corrosion mechanisms in the stack, where the air in the off gas contains high acidity properties. One way to prevent the corrosion is adding inhibitors. A corrosion inhibitor is a chemical substance that added to the corrosive environment, even though small amount of inhibitors but it can decrease the rate of corrosion of the metal. The test results show the presence of methylene blue inhibitors could inhibit the occurrence of corrosion in SS 316L, it was evidenced by the absence of color change in the sample when tested at 100 °C. Beside that, the inhibitor concentration had greatly influences to the effectiveness of the inhibitor performance in decreasing the corrosion rate, where the decreasing of corrosion rate can occur along with the addition of concentration in the inhibitor. The higher change of corrosion rate occurred at 120 ppm concentration of 0.07352001 mm/year at 60 °C and 0.06126667 mm year at 100 °C.*

***Keyword : off gas, inhibitors, corrosion rate***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa dipanjatkan kepada Allah SWT, Maha Agung dan Maha Bijaksana atas berkah, rahmat, petunjuk dan karunia-Nya serta sholawat kepada Nabi Muhammad sehingga penulis mampu menyelesaikan dan menyusun Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Penambahan Inhibitor Pada *Stainless Steel* AISI 316L di Jalur *Off-Gas* Unit Pengolahan Nikel *Rotary Dryer*”**. Penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu diucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas segala kebesaran-Nya sehingga saya dapat melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika saat ini. .
3. Ibu Dr. –Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT dan Bapak Yulius Erwin Tandiyu, ST, MM selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Dyah Sawitri, ST, MT selaku Dosen wali selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
6. Seluruh Staff Jurusan Teknik Fisika yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Kedua orang tua Penulis, Ibu Sulis Yuliati dan Bapak Moch. Cholis yang Penulis cintai, Kakak tersayang Zhulvior Adabi, Adik tersayang Faizal Bakhron Adabi dan seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan dukungan materiil, semangat dan do’a kepada penulis.
8. Laboratorium Rekayasa Bahan yang menjadi tempat sekaligus penyedia alat dalam pengujian tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir Rani dan Wira.

10. Asisten Laboratorium Rekayasa Bahan mbak Dhila, Devita, dkk yang turut membantu dalam kelancaran pegujian dan penulisan laporan.
11. *Funlibin* (Santi, Novia, Mestika, Aisa, Piri, Mentari) yang telah banyak memberikan saran, semangat dan do'a kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman LJ 2016 yang berjuang untuk TW 118.
13. Member iKON Hanbin, Jinan, Jiwon, June, Yoyo, Dongi, Chanu yang senantiasa menghibur, memberikan semangat dan motivasi kepada penulis melalui karyanya.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran dari semua pihak sehingga mampu lebih baik lagi. Penulis berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA</b>	i
<b>HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS</b>	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	vii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	ix
<b>ABSTRAK</b>	xi
<b><i>ABSTRACT</i></b>	xiii
<b>KATA PENGANTAR</b>	xv
<b>DAFTAR ISI</b>	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1 Batubara	5
2.2 Sulfur dan Sulfat	6
2.3 <i>Stainless Steel</i> SS 316L	7
2.4 Korosi	9
2.5 Pengukuran Laju Korosi	10
2.6 Inhibitor	11
2.7 <i>Methylene Blue</i>	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	17
3.1 Diagram Alur Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.3 Eksperimen	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	25
4.1 Hasil	25
4.2 Pembahasan	35
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur molekul <i>methylene blue</i>	13
Gambar 2.2	Serbuk <i>methylene blue</i>	13
Gambar 2.3	<i>Methylene blue</i> yang dilarutkan dalam air	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2	Spesimen uji	19
Gambar 3.3	Larutan elektrolit NaCl 3,5%	20
Gambar 3.4	Gas SO <sup>2</sup> yang dialirkan ke larutan elektrolit	21
Gambar 3.5	Larutan inhibitor <i>methylene blue</i>	21
Gambar 3.6	Set up alat pengujian	23
Gambar 4.1	Proses pengujian laju korosi pada sampel SS 316L	25
Gambar 4.2	Pengaruh variasi temperatur terhadap laju korosi	26
Gambar 4.3	Pengujian dengan penambahan inhibitor	27
Gambar 4.4	Pengaruh penambahan inhibitor	28
Gambar 4.5	Pengaruh temperatur dan inhibitor terhadap laju korosi	29
Gambar 4.6	Hasil pengujian XRD pada baja SS 316L	34
Gambar 4.7	Perbandingan hasil uji dengan referensi penelitian yang dilakukan oleh Benali (2011)	36
Gambar 4.8	Hubungan antara C/θ dan C dalam pengujian laju korosi dengan penambahan <i>methylene blue</i>	37



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Komposisi Utama Unsur Penyusun Batubara	6
Tabel 2.2	Spesifikasi Komposisi Kimia SS 316L	7
Tabel 2.3	Sifat Mekanik Baja SS 316L	8
Tabel 2.4	Sifat Fisika Baja SS 316L	8
Tabel 2.5	Konstanta Laju Korosi	11
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Laju Korosi dengan Variasi Temperatur	25
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor	27
Tabel 4.3	Pengukuran pH Akhir	30
Tabel 4.4	Perbedaan Sampel Sebelum dan Sesudah Uji Korosi	30
Tabel 4.5	Energi Bebas Adsorpsi	38



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Batubara merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang banyak dimanfaatkan untuk kegiatan industri. Dengan keberadaannya yang berlimpah serta harga yang terjangkau dibandingkan dengan harga minyak dan gas bumi, maka posisi batubara sebagai bahan bakar alternatif sangat diharapkan dapat mengantisipasi krisis energi. Namun dalam pemanfaatannya di industri, pembakaran batubara menyebabkan polutan dan emisi CO<sub>2</sub> yang tinggi (Lutz, 2012).

Gas-gas polutan seperti N, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dan SO<sub>3</sub> di jalur *off gas* sangat berkontribusi dalam kasus mekanisme korosi di cerobong (*stack*), dimana udara *off gas* mengandung sifat keasaman yang tinggi (Emami, 2012). Satu hal yang sangat berperan dalam korosi di jalur *off gas* adalah kondisi penurunan temperatur *off gas* hingga mencapai *dew point* dan memunculkan pengembunan H<sub>2</sub>O yang bercampur dengan SO dapat berubah menjadi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) atau dengan NO yang dapat bereaksi menjadi asam nitrat HNO<sub>3</sub> (Huijbregts and Laferink, 2004).

Terkait korosi di jalur *off gas* tersebut, salah satu cara untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan menambahkan inhibitor untuk mengurangi keagresifan lingkungan terhadap jalur *off gas*. Inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan korosif, meskipun dengan jumlah yang sedikit (orde ppm atau milimolar) tetapi dapat menurunkan laju korosi logam. Salah satu mekanisme kerja inhibitor adalah melalui pembentukan lapisan molekul-molekul tunggal dari inhibitor yang teradsorpsi pada permukaan logam (Khotimah, 2014). Stabilitas film inhibitor yang terbentuk di atas permukaan logam tergantung pada beberapa sifat fisikokimia molekul, terkait dengan gugus fungsinya, aromatisitas, efek sterik, jenis media korosif dan sifat interaksi antara inhibitor dengan logam (Benali, 2011). Ada

beberapa jenis inhibitor yang dapat ditambahkan kedalam lingkungan yang korosif, salah satunya yang banyak dikembangkan saat ini adalah inhibitor organik karena dianggap lebih aman dan tidak berbahaya.

Adapun penelitian Benali dkk (2011) yang menggunakan *methylene blue* sebagai inhibitor organik untuk menghambat laju korosi pada material baja di lingkungan asam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek penghambatan *methylene blue* pada korosi baja ringan dalam larutan asam sulfat 0,5 M menunjukkan bahwa *methylene blue* merupakan inhibitor yang sangat baik bahkan dengan konsentrasi yang sangat rendah dan secara kimia dapat teradsorpsi pada permukaan baja. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dan dengan adanya kondisi jalur *off gas* pada industri pemrosesan nikel berbahan bakar batubara yang mengandung sifat keasaman yang tinggi, maka dilakukan suatu studi untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan inhibitor *methylene blue* pada baja karbon di jalur *off-gas* unit pengolahan nikel *rotary dryer*. Ini semua diupayakan untuk menghambat terjadinya korosi pada peralatan yang dapat merugikan perusahaan.

## 1.2 Permasalahan

Adapun permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh inhibitor terhadap proses terjadinya korosi pada jalur *off-gas* di *rotary dryer*?
- Bagaimana pengaruh konsentrasi terhadap keefektifan dari kinerja inhibitor dalam menghambat terjadinya korosi pada jalur *off gas* di *rotary dryer*?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui pengaruh inhibitor terhadap proses terjadinya korosi pada jalur *off-gas* di *rotary dryer*.



- Mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap keefektifan dari kinerja inhibitor dalam dalam menghambat terjadinya korosi pada jalur off gas di *rotary dryer*.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Material yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja SS316L.
- Inhibitor yang digunakan adalah *methylene blue*.
- Konsentrasi inhibitor yang digunakan yaitu 80ppm, 100ppm, 120ppm.
- Elektrolit yang digunakan untuk pengujian laju korosi adalah NaCl 3,5% yang direaksikan dengan SO<sub>2</sub>.
- Digunakan variasi suhu 60°C hingga 100°C untuk mengetahui perubahan laju korosi yang terjadi.
- Digunakan variasi suhu 60°C dan 100°C untuk mengetahui perubahan laju korosi ketika ditambah dengan inhibitor.
- Laju aliran SO<sub>2</sub> tidak dikendalikan.
- Perhitungan laju korosi menggunakan metode *weight loss* yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G31-72.

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batu bara**

Batubara adalah suatu material yang tersusun dari bahan organik dan anorganik, dimana bahan organik ini berasal dari sisa tumbuhan yang telah mengalami berbagai tingkat dekomposisi serta perubahan sifat fisik dan kimia, sedangkan bahan anorganiknya disebut mineral. Adanya mineral dalam jumlah tertentu akan mempengaruhi kualitas batubara terutama parameter abu, sulfur dan nilai panas sehingga dapat membatasi penggunaan batubara (Nursanto, 2011).

Batubara secara umum digambarkan sebagai sulfur yang tinggi dan bahan bakar klorin yang tinggi. Semakin besar jumlah sulfur yang ada di batubara, maka semakin mudah korosi yang akan terjadi. Kandungan zat besi dalam batubara juga menjadi bagian besar dalam mengetahui sifat abu. Ketika dalam bentuk teroksidasi, oksida besi dapat meningkatkan suhu fusi abu, tetapi apabila dalam bentuk yang kurang teroksidasi, suhu fusi akan menurun. Viskositas abu juga akan meningkat seiring dengan meningkatnya konten ferit. Ini adalah materi anorganik dalam bahan bakar yang merupakan penyebab korosi. Jumlah materi mineral dalam batubara bervariasi, namun hampir selalu cukup untuk menyebabkan masalah yang signifikan (Lutz, 2009).

Proses pembakaran batubara hampir sama dengan proses pembakaran bahan bakar fosil lainnya, dimana hasil pembakaran berupa gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) serta sejumlah sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yang bergantung pada jenis dan asal batu bara tersebut. Sulfur dioksida yang dihasilkan dari pembakaran sangat berbahaya karena dapat menyebabkan hujan asam ketika bereaksi dengan oksigen dan membentuk  $\text{SO}_3$  yang kemudian akan bereaksi dengan air sehingga menghasilkan asam sulfat (Hadi, 2008).

**Tabel 2.1** Komposisi Utama Unsur Penyusun Batubara (Hadi, 2008)

Batubara	Komposisi (% berat)							NCV (MJ/Kg)
	C	H	O	S	N	Abu	H <sub>2</sub> O	
Afrika Selatan	65,93	3,63	7,25	0,61	1,58	13,6	7,4	25,4
Indonesia	58,7	4,43	8,82	1	1,05	5	21	22,69
Rusia	70,09	3,70	7,37	0,3	1,23	9,81	7,5	27,2

Keterangan :

NCV = *Normal Combustion Value*

## 2.2 Sulfur dan Sulfat

Ada empat elemen utama dalam bahan bakar yang menjadi penyebab utama korosi, diantaranya adalah sulfur, vanadium, dan natrium alkali dan kalium. Sulfur adalah yang paling serius dari keempatnya. Vanadium hanya terjadi pada bahan bakar minyak. Natrium dan kalium ada dalam batubara, sedangkan sulfur ada dalam batubara dan bahan bakar minyak. Senyawa sulfur dengan zat besi, oksigen, dan alkali menyebabkan korosi dan akumulasi deposit paling banyak. Sulfur dapat menyebabkan korosi temperatur tinggi dari sulfat kompleks, atau dapat menyebabkan korosi temperatur rendah oleh  $\text{SO}_3$  yang bereaksi dengan endapan pada permukaan logam. Jumlah sulfur dalam batubara dapat bervariasi, variasi normal adalah 1-4%. Sulfur sangat reaktif, terutama dengan oksigen.  $\text{SO}_2$  dan  $\text{SO}_3$  berada dalam produk pembakaran dimana mereka bereaksi membentuk sulfit, sulfat, dan trisulfat yang lebih kompleks yang menyebabkan korosi (Lutz, 2009).

Apapun bentuk sulfur yang ada dalam bahan bakar tidak menjadi masalah, karena pembakaran akan mengubahnya menjadi  $\text{SO}_2$ . Pembentukan primer  $\text{SO}_2$  adalah dengan oksidasi SO. Oksidasi pirit ( $\text{FeS}_2$ ) juga bisa terbentuk  $\text{SO}_2$ . Levy dan Merryman (1970) mempelajari pembentukan sulfur dioksida dalam reaksi pembakaran dalam nyala api  $\text{H}_2\text{S}$  dan menentukan bahwa oksidasi

SO adalah penyebab utama pembentukan  $\text{SO}_2$ . Sulfur trioksida dalam tungku boiler dan turbin gas bisa berasal dari reaksi di dalam api, oksidasi  $\text{SO}_2$ , dan disosiasi sulfat kompleks. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kandungan sulfat dalam bahan bakar sangat kecil, sehingga tidak dapat memberikan kontribusi jumlah  $\text{SO}_3$  yang signifikan terhadap gas buang. Sumber utama  $\text{SO}_3$  dalam gas buang adalah oksidasi  $\text{SO}_2$ . Jumlah  $\text{SO}_2$  akan menentukan jumlah  $\text{SO}_3$  yang bisa terbentuk. Dalam tungku boiler, kira-kira 1% dari  $\text{SO}_2$  diubah menjadi  $\text{SO}_3$ . Oksidasi  $\text{SO}_2$  dengan molekul oksigen hanya terjadi dengan adanya katalis. Dooley dan Whittingham (1942) menemukan bahwa produksi  $\text{SO}_3$  terjadi oleh reaksi  $\text{SO}_2$  dengan atom oksigen, karena ada konsentrasi besar oksigen atom yang ada dalam api pembakaran.

### 2.3 *Stainless Steel SS 316L*

*Stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasarkan beratnya dan memiliki sifat tidak mudah terkorosi jika dibandingkan dengan logam baja yang lain (Sumarji, 2011). Baja paduan SS 316L merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi kimia yang ditunjukkan tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2.2** Spesifikasi Komposisi Kimia SS 316L  
([www.atlassteels.com.au](http://www.atlassteels.com.au))

Komposisi (%)	Min	max
C	-	0,030
Mn	-	2,0
Si	-	0,75
P	-	0,045
S	-	0,030
Cr	16,0	18,0
Mo	2,00	3,00
Ni	10,0	14,0
N	-	0,10

Berdasarkan tabel diketahui bahwa SS 316L memiliki komposisi yang terdiri dari carbon, mangan, silikon, fosfor, sulfur, chromium, nikel dan nitrogen. Sedangkan untuk sifat mekanik SS 316L yaitu ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut.

**Tabel 2.3** Sifat Mekanik Baja SS 316L ([www.atlassteels.com.au](http://www.atlassteels.com.au))

<b>Tensile Strength (Mpa)</b> <i>min</i>	<b>Yield Strength 0.2% Proof (Mpa)</b> <i>min</i>	<b>Elongation (% in 50mm)</b> <i>min</i>	<b>Hardness</b>	
			<b>Rockwell B (HR B)</b> <i>max</i>	<b>Brinell (HB)</b> <i>max</i>
485	170	40	95	217

Dari tabel 2.3 dapat diketahui bahwa baja SS 316L memiliki sifat mekanik diantaranya kekuatan tarik, kekuatan luluh, pemanjangan, dan kekerasan. Berikut tabel 2.4 yang menunjukkan sifat Fisika dari baja SS 316L.

**Tabel 2.4** Sifat Fisika Baja SS 316L ([www.atlassteels.com.au](http://www.atlassteels.com.au))

<b>Sifat Fisika</b>	<b>Rentang</b>	<b>Nilai</b>
<i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>	-	8000
<i>Elastic Modulus (Gpa)</i>	-	193
<i>Mean Coefficient Of Thermal Expansion (μm/m<sup>o</sup>C)</i>	0 - 100°C	15,9
	0 - 315°C	16,2
	0 – 538°C	17,5
<i>Thermal Conductivity (W/m.K)</i>	At 100 °C	16,3
	At 500 °C	21,5
<i>Specific Heat (J/Kg.K)</i>	0 - 100 °C	500
<i>Electrical Resistivity (nΩ.m)</i>	-	740

Dari tabel 2.4 di atas, dapat diketahui bahwa baja SS 316L memiliki sifat fisika diantaranya yaitu masa jenis, modulus elastis, koefisien rata-rata dari ekspansi termal, konduktivitas termal, panas spesifik, dan resistivitas listrik.

## 2.4 Korosi

Korosi merupakan proses degradasi dari suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas akibat adanya interaksi dengan lingkungan melalui proses reaksi elektrokimia (Jones, 1992). Reaksi korosi menghasilkan oksida logam, sulfida logam dan hasil reaksi lainnya. Korosi yang melalui proses reaksi elektrokimia biasanya terjadi pada lingkungan yang basah, pada temperatur yang relatif rendah, dengan berbagai bentuk korosi yang mengikuti mekanisme elektrokimia yaitu terjadi reaksi oksidasi (anodik) dan reduksi (katodik) (Fontana, 1986).

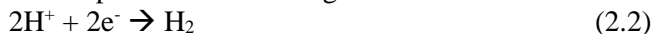
Menurut Trethewey and Chamberlain (1995), proses korosi dapat terjadi jika 4 komponen dasar terjadinya korosi dapat terpenuhi, komponen tersebut yaitu:

- a. Anoda, merupakan bagian logam yang berfungsi sebagai elektroda yang mengalami reaksi anodik. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron.



- b. Katoda, merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik yang mengkonsumsi elektron hasil dari reaksi anodik. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah :

- Reaksi pembentukan hidrogen:



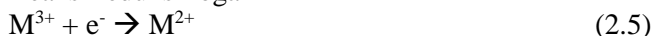
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam:



- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan basa/netral:



- Reaksi reduksi logam



- Deposisi logam



- c. Penghantar listrik, dimana di antara katoda dan anoda harus terdapat kontak listrik supaya arus dalam sel korosi dapat mengalir.
- d. Elektrolit, merupakan media yang bersifat menghantarkan arus listrik seperti air dan tanah.

Mekanisme korosi terjadi ketika logam yang berlaku sebagai sel korosi akan memberikan elektron (anoda) dan kemudian lingkungan akan bertindak sebagai penerima elektron (katoda). Pada logam yang teroksidasi akan larut ke lingkungan sehingga menghasilkan ion-ion logam dan melepaskan elektron secara bersamaan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi dimana ion-ion dari lingkungan mendekati logam dan menangkap elektron-elektron yang tertinggal pada logam (Gunaatmaja, 2011).

Ada dua faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya korosi, yaitu berasal dari bahan itu sendiri dan berasal dari lingkungan (Trethewey, 1995). Faktor yang berasal dari bahan di antaranya yaitu kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur yang ada di dalam bahan tersebut, dll. Sedangkan faktor dari lingkungan meliputi suhu, kelembaban, pH, zat-zat kimia yang bersifat korosif, perpindahan panas, pergerakan fluida dan sebagainya (Gunaatmaja, 2011).

## 2.5 Pengukuran Laju Korosi

Laju korosi merupakan ukuran dari banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Dengan mengetahui laju korosi dari suatu material, maka diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi umur pakai dari material tersebut (Octaviawan, 2012). Laju korosi dapat ditentukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu dengan metode *weight loss*. Metode *weight loss* merupakan metode untuk menghitung laju korosi dengan mengukur hilangnya berat akibat korosi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah *weight loss* akibat korosi yang terjadi.

Berdasarkan ASTM G31-72, persamaan untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut.

$$CR = \frac{W \times K}{D \times A \times T} \quad (2.7)$$

dimana :

- CR = Corrosion Rate (mm/y)
- W = Weight Loss (gram)
- K = Konstanta laju korosi
- D = Densitas Spesimen (g/cm<sup>3</sup>)



- A = Luas permukaan yang terendam( $\text{cm}^2$ )  
 T = waktu (jam)

**Tabel 2.5** Konstanta Laju Korosi (ASTM G31-72, 2004)

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
<i>mils per year (mpy)</i>	$3,45 \times 10^6$
<i>inches per year (ipy)</i>	$3,45 \times 10^3$
<i>inches per month (ipm)</i>	$2,78 \times 10^2$
<i>millimeters per year (mm/y)</i>	$8,76 \times 10^7$
<i>micrometers per year (<math>\mu\text{m/y}</math>)</i>	$8,76 \times 10^4$
<i>picometres per second (pm/s)</i>	$2,78 \times 10^6$
<i>grams per square meter per hour (<math>\text{g/m}^2 \cdot \text{h}</math>)</i>	$1,00 \times 10^4 \times D^A$
<i>milligrams per square decimeter per day (mdd)</i>	$2,40 \times 10^6 \times D^A$
<i>Micrograms per square meter per second (<math>\mu\text{g/m}^2 \cdot \text{s}</math>)</i>	$2,78 \times 10^6 \times D^A$

Semakin besar nilai laju korosi maka semakin cepat proses korosi pada material tersebut terjadi (Octaviawan, 2012).

## 2.6 Inhibitor

Inhibitor adalah senyawa kimia yang ditambahkan dalam jumlah kecil untuk mengurangi laju korosi (Lopez et al, 2005). Kehadiran senyawa tersebut menghambat proses korosi sehingga dapat menekan kerugian ekonomi akibat korosi logam. Inhibitor dapat memperlambat proses korosi (Emregu et al, 2006), diantaranya dengan:

- Mengurangi kecepatan reaksi anodik dan katodik.
- Mengurangi gerakan ion ke permukaan logam maupun dari permukaan logam.
- Meningkatkan hambatan listrik dari permukaan logam.

Adapun mekanisme kerja inhibitor secara umum menurut Dalimunthe (2004) yaitu:

- Inhibitor teradsorbsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak terlihat dengan mata biasa namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logam.

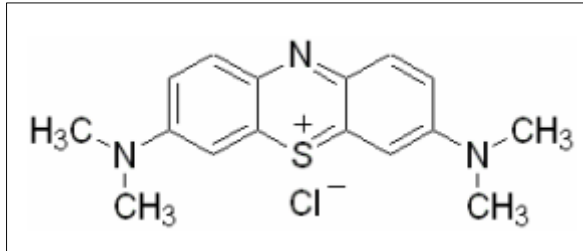
- Melalui pengaruh lingkungan (seperti pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi.
- Inhibitor lebih dahulu mengkorosi logamnya dan menghasilkan suatu zat kimia dan lalu mengalami adsorpsi dari produksi korosi untuk membentuk lapisan pasif pada permukaan.
- Inhibitor menghasilkan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Penambahan inhibitor akan menimbulkan reaksi antara lingkungan dan logam, mekanismenya dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- Interaksi inhibitor dengan permukaan logam sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan logam tersebut.
- Interaksi yang terjadi dengan menurunkan tingkat korosifitas lingkungan seperti mengurangi kadar oksigen, pengaturan pH, netralisasi gas bersifat asam, dll.

## 2.7 *Methylene Blue*

*Methylene blue* adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat (Suciningtyas, 2015). *Methylene blue* pertama kali dibuat pada tahun 1876 oleh kimiawan Jerman Heinrich Caro, dimana *methylene blue* memiliki berat molekul 319,86 gr/mol, dengan titik lebur di 105°C dan daya larut sebesar 4,36 x 104 mg/L (Palupi, 2006). *Methylene blue* memiliki rumus kimia C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S. Berikut gambar 2.1 merupakan struktur molekul dari *methylene blue*.



**Gambar 2.1** Struktur molekul *methylene blue* (Benali et al, 2011)

Pada umumnya *methylene blue* digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Pada suhu ruangan, senyawa *methylene blue* berbentuk padatan (kristal), tak berbau, dan berwarna hijau tua (Suciningtyas, 2015).



**Gambar 2.2** Serbuk *methylene blue*

Namun, ketika dilarutkan dalam air atau alkohol, *methylene blue* akan menjadi larutan berwarna biru tua seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3 berikut.



**Gambar 2.3** *Methylene blue* yang dilarutkan dalam air

Berdasarkan struktur kimianya, *methylene blue* memiliki banyak situs aktif untuk proses adsorpsi. menurut Larabi et al (2015) dalam penelitian Benali (2011), dengan asumsi peningkatan inhibisi yang disebabkan oleh adsorpsi inhibitor pada permukaan dan mengikuti persamaan isotermik adsorpsi Langmuir sebagai berikut.

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \quad (2.8)$$

dimana :  $C$  = konsentrasi inhibitor

$\theta$  = cakupan permukaan

$K$  = konstanta kesetimbangan adsorpsi

Dan untuk menghitung nilai energi bebas adsorpsi ( $\Delta G_{ads}$ ) dapat menggunakan persamaan (2.9) berikut.

$$K = \frac{1}{55,5} \exp\left(\frac{\Delta G_{ads}}{RT}\right) \quad (2.9)$$

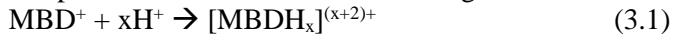
dengan  $R$  adalah konstanta gas ( $8.314 \text{ J / K.mol}$ ) dan  $T$  adalah suhu absolut (K).

Menurut Xianghong Li et al (2010), ada beberapa jenis adsorpsi yang dapat terjadi dalam fenomena penghambatan yang melibatkan molekul BT pada permukaan baja, yaitu sebagai berikut.

- *Methylene Blue Dye* (MBD) dapat diklasifikasikan sebagai elektrolit, yaitu, bagian organik (MBD) adalah kation dan bagian anorganik ( $\text{Cl}^-$ ) adalah anion.

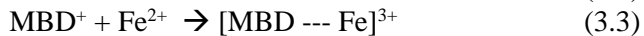


Karena atom N netral dalam  $\text{MBD}^+$ , maka  $\text{MBD}^+$  dapat lebih lanjut terprotonasi dalam larutan asam sebagai berikut:



Dengan demikian, dalam larutan asam berair, BT ada sebagai kation terprotonasi  $\text{MBD}^+$  dan  $[\text{MBDH}_x]^{(x+2)+}$ . Karena ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dan sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) memiliki tingkat hidrasi yang lebih kecil, secara khusus teradsorpsi, maka ion-ion tersebut menghasilkan muatan negatif yang berlebihan terhadap larutan dan mendukung adsorpsi kation  $\text{MBD}^+$  dan  $[\text{MBDH}_x]^{(x+2)+}$  dapat menyerap pada permukaan logam bermuatan negatif.

- Struktur molekul  $\text{MBD}^+$  dan  $[\text{MBDH}_x]^{(x+2)+}$  tetap tidak berubah sehubungan dengan MBD, yaitu N dan S atom pada cincin yang tersisa.  $\text{MBD}^+$  dan  $[\text{MBDH}_x]^{(x+2)+}$  dapat teradsorpsi pada permukaan logam melalui mekanisme *chemisorption*, melibatkan perpindahan molekul air dari permukaan logam dan berbagi elektron antara atom N dan besi.
- Karena MBD mengandung cincin aromatik dengan beberapa molekul ikatan  $\pi$ ,  $\text{MBD}^+$  dan  $[\text{MBDH}_x]^{(x+2)+}$  dapat juga teradsorpsi pada permukaan logam atas dasar interaksi donor-akseptor antara  $\pi$ -elektron heterosiklik dan d-orbital kosong dari Fe. Area molekul yang lebih besar memainkan peran penting dalam memperlambat korosi.
- $\text{MBD}^+$  dan  $[\text{MBDH}_x]^{(x+2)+}$  dapat bergabung dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang baru terbentuk pada permukaan baja yang membentuk kompleks inhibitor logam:



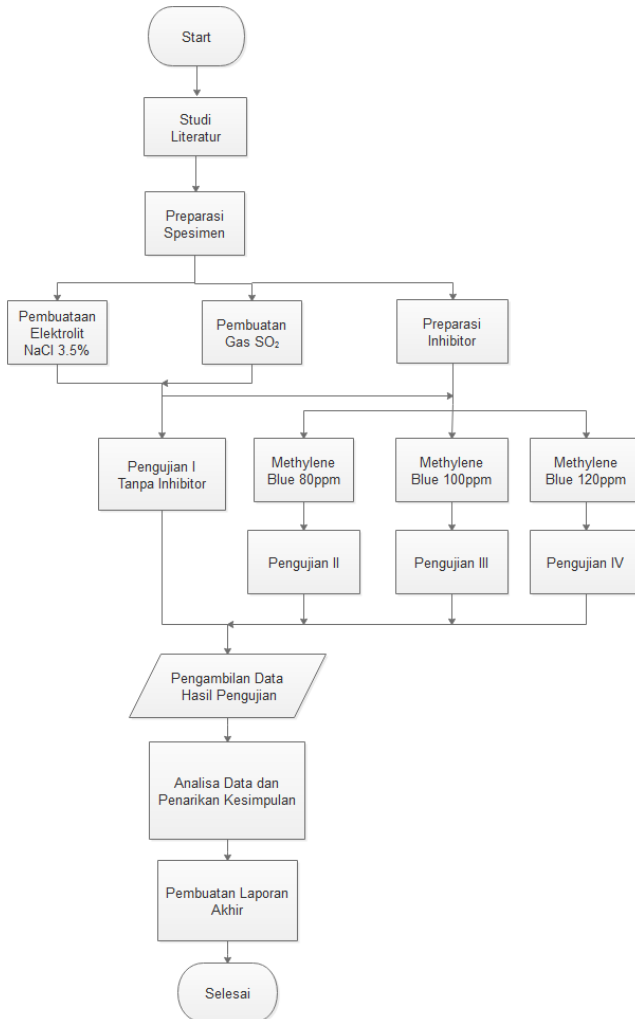
Senyawa kompleks ini mungkin teradsorb ke permukaan baja oleh gaya van der Waals untuk membentuk penghalang dalam menjaga baja ringan dari korosi.

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alur Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alur penelitian yang dilakukan :



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.2 Alat-alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 3 buah *hotplate* dan *magnetic stirrer*
- 3 buah gelas beaker pyrex 1 L
- 3 buah gelas beaker pyrex 500 ml
- 1 buah termokopel
- 1 buah pH meter
- 3 buah *aerator header*
- 6 buah pipet
- 1 buah Spatula
- 1 buah Pinset
- Selang 1m
- Kertas amplas (*grade* 100 dan 600)
- Tali rafia
- Plastisin
- Penggaris
- Timbangan digital
- Kamera
- *Hair dryer*

Adapun juga bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain sebagai berikut :

- Baja SS 316L ukuran 33 mm x 33 mm x 2,91 mm
- Aquades
- NaCl
- Oksigen
- Sulfur
- *Methylene blue*
- Alkohol 70%



### 3.3 Eksperimen

Adapun beberapa kerja dalam eksperimen ini, antara lain sebagai berikut.

#### 3.3.1 Preparasi Spesimen

Preparasi spesimen merupakan tahap penyiapan sampel atau material, dimana material yang digunakan adalah baja SS 316L yang dipotong dengan ukuran 33 mm x 33 mm x 2,91 mm yang diberi lubang di bagian atasnya.



**Gambar 3.2** Spesimen uji

Setelah sampel dipotong, selanjutnya dilakukan pengampelasan menggunakan kertas amplas dengan grid 100# dan 600#. Tujuan dari pengampelasan ini adalah untuk menghilangkan oksida dari permukaan sampel agar tidak mengganggu saat proses pengukuran laju korosi. Setelah itu, cuci sampel dengan alkohol 70% dan kemudian bilas dengan aquades lalu dikeringkan. Selanjutnya timbang berat awal sampel.

#### 3.3.2 Pembuatan Larutan Elektrolit

Pada penelitian ini, elektrolit yang digunakan adalah larutan NaCl 3,5% sebanyak 500 ml, maka perlu dilarutkan garam teknis sebanyak 17,5 gram ke dalam 500 ml aquades.

$$NaCl \text{ 3,5\%} = \frac{\text{massa garam}}{\text{massa pelarut}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Volume pelarut : 500 ml; Massa jenis aquades : 1 gr/cm<sup>3</sup>

Maka massa pelarut : 500 gram

$$\frac{\text{massa garam}}{500} \times 100\% = 3,5\%$$

$$\text{massa garam} = 3,5 \times 5 = 17,5 \text{ gram}$$



**Gambar 3.3** Larutan elektrolit NaCl 3,5%

Langkah pembuatan larutan elektrolit adalah sebagai berikut :

- Timbang garam NaCl sebanyak 17,5 gram dengan menggunakan timbangan digital.
- Isi beaker glass volume 500 ml dengan aquades.
- Larutkan garam NaCl yang sudah ditimbang sebelumnya kedalam beaker glass yang sudah terisi aquades.
- Taruh beaker glass yang berisi larutan di atas *magnetic stirrer* agar didapatkan larutan yang homogen dan garam NaCl dapat terlarut sempurna.
- Setelah dirasa telah homogen, matikan *magnetic stirrer* dan angkat larutan elektrolit. Larutan elektrolit siap digunakan.

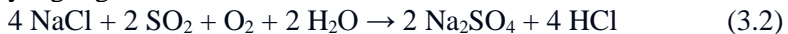
### 3.3.3 Pembuatan Gas SO<sub>2</sub>

Untuk memperoleh lingkungan dengan kandungan gas SO<sub>2</sub>, maka dilakukan pembakaran sulfur dan oksigen dalam sebuah toples yang kemudian diberi selang untuk bisa dialirkan ke larutan elektrolit sehingga larutan NaCl akan bereaksi dengan SO<sub>2</sub> dan oksigen menghasilkan larutan asam Natrium Sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan produk samping *Hidrogen Clorida* (HCl) yang digunakan sebagai medium korosi.



**Gambar 3.4** Gas SO<sub>2</sub> yang dialirkan ke larutan elektrolit

Berikut persamaan (3.2) yang merupakan reaksi larutan yang digunakan.



### 3.2.4 Preparasi Inhibitor

Inhibitor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *methylene blue*, dimana ada beberapa variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan yaitu 80 ppm, 100 ppm, dan 120 ppm



**Gambar 3.5** Larutan Inhibitor *Methylene Blue*

Berikut merupakan tahapan dalam preparasi inhibitor, diantaranya.

- a. Pertama yang harus dilakukan yaitu membuat larutan induk *methylene blue* (1000 ppm), maka *methylene blue* ditimbang

sebanyak 100 mg, kemudian ditambahkan aquades sampai garis tanda dalam labu takar 100 ml.

$$\frac{100 \text{ mg} \times 1000}{100} = 1000 \text{ ppm}$$

Selanjutnya untuk menentukan konsentrasi (dalam ppm) yang digunakan, diperlukan perhitungan sebagai berikut.

$$z = \frac{a \times b}{c} \quad (3.3)$$

Ket : z = volume yang harus diambil dari larutan induk (ppm)

a = konsentrasi yang diinginkan (ppm)

b = volume larutan yang diinginkan (ml)

c = konsentrasi larutan induk (ppm)

- b. Yang kedua yaitu membuat larutan dengan konsentrasi 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm dari larutan induk.

- 80 ppm

$$z = \frac{80 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ ppm}} = 8 \text{ ml}$$

Selanjutnya dipipet 8 ml larutan induk lalu di tambah aquades sampai tanda pada labu takar 100 ml. Maka di dapat konsentrasi *methylene blue* sebesar 80 ppm.

- 100 ppm

$$z = \frac{100 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ ppm}} = 10 \text{ ml}$$

Selanjutnya dipipet 10 ml larutan induk lalu di tambah aquades sampai tanda pada labu takar 100 ml. Maka di dapat konsentrasi *methylene blue* sebesar 100 ppm.

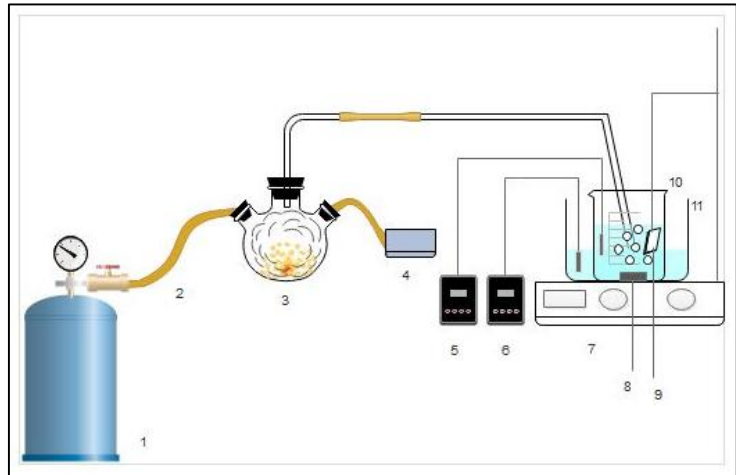
- 120 ppm

$$z = \frac{120 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ ppm}} = 12 \text{ ml}$$

Selanjutnya dipipet 12 ml larutan induk lalu di tambah aquades sampai tanda pada labu takar 100 ml. Maka di dapat konsentrasi *methylene blue* sebesar 120 ppm.

### 3.2.5 Proses Pengujian

Proses pengujian dilakukan dengan *set up* alat pada gambar 3.6 berikut.



**Gambar 3.6** *Set up* alat pengujian

Keterangan :

- (1) Tabung oksigen
- (2) Selang oksigen
- (3) Tabung reaksi 3 leher (bisa menggunakan toples yang di lubangi 3 buah pada bagian tutupnya)
- (4) *Aerator header*
- (5) pH meter
- (6) Termokopel
- (7) *Hot plate*
- (8) *Magnetic stirrer*
- (9) Material yang diuji
- (10) Gelas beaker 500ml
- (11) Gelas beaker 1000ml

Proses pengujian sampel dilakukan pada suhu 60 °C dan 100 °C selama 3 jam dalam larutan NaCl yang sudah ditambahkan inhibitor yang kemudian dialiri gas SO<sub>2</sub> secara kontinyu dalam gelas beaker 500 ml. Sedangkan gelas beaker ukuran 1000 ml

cukup dengan diberi air biasa untuk menghambat penguapan pada larutan NaCl.

### **3.3.6 Pengambilan Data Hasil Pengujian**

Beberapa data yang dibutuhkan dari hasil proses pengujian diantaranya yaitu berat akhir sampel untuk dihitung laju korosinya dengan menggunakan metode *weight loss* pada persamaan (2.7) dan mengukur nilai pH akhir dari larutan elektrolit yang digunakan. Kemudian foto sampel yang telah diuji untuk dibandingkan dengan sampel sebelum diuji.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Dari penelitian yang dilakukan, maka didapatkan sejumlah data berupa data numerik yang meliputi nilai laju korosi material dan pengamatan visual pada sampel antara sebelum dan sesudah pengujian.

##### 4.1.1 Hasil Pengujian Laju Korosi dengan Variasi Temperatur

Pada pengujian laju korosi yang menggunakan metode *weight loss* dengan variasi temperatur pada larutan NaCl yang dialiri gas SO<sub>2</sub> secara kontinyu, dilakukan dengan *set up* alat yang ditunjukkan pada gambar 4.1, dan dari hasil pengujianya didapatkan data yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

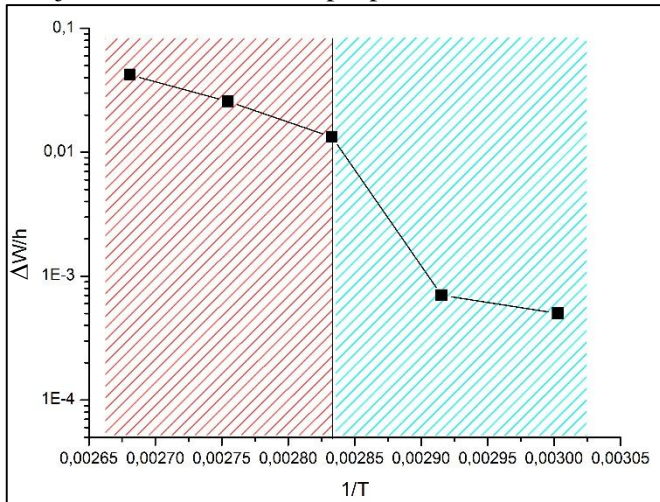


**Gambar 4.1** Proses pengujian laju korosi pada sampel SS 316L

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Laju Korosi dengan Variasi Temperatur

Temperatur (°C)	A (cm <sup>2</sup> )	t (jam)	K	ρ (g/cm <sup>2</sup> )	ΔW (gr)	CR (mm/year)
60	60,192	3	87400	7,9	0,0015	0,0919
70					0,0021	0,1286
80					0,0399	2,4445
90					0,077	4,7175
100					0,1265	7,7502

Dari tabel 4.1 yang menunjukkan hasil pengujian laju korosi dengan variasi temperatur 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, dan 100 °C diketahui bahwa  $\Delta W$  terendah terdapat pada suhu 60 °C dan  $\Delta W$  terbesar terdapat pada suhu 100 °C begitupula pada laju korosi yang didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.7) bahwa laju korosi terendah terdapat pada suhu 60 °C dan laju korosi terbesar terdapat pada suhu 100 °C.



**Gambar 4.2** Pengaruh variasi temperatur terhadap laju korosi

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa temperatur sangat mempengaruhi *weight loss* pada uji laju korosi. Semakin tinggi temperatur yang dikenai pada sampel, maka semakin besar pula *weight loss* yang didapatkan. Dari grafik tersebut terdapat dua perbedaan area, dimana area berwarna merah menandakan adanya perubahan warna yang terjadi pada sampel, sedangkan area berwarna biru sampel masih belum mengalami perubahan warna.



#### 4.1.2 Hasil Pengujian Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor

Pada pengujian laju korosi dengan penambahan inhibitor dalam larutan NaCl yang dialiri gas  $\text{SO}_2$  secara kontinyu pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, diperoleh data hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.



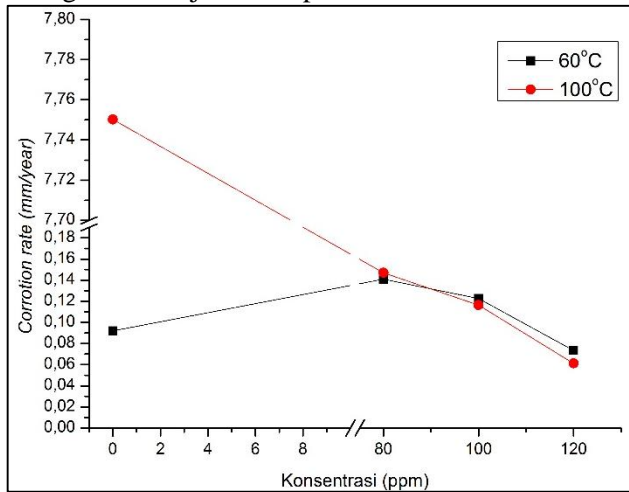
**Gambar 4.3** Pengujian dengan penambahan inhibitor

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor

Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	Inhibitor (ppm)	A ( $\text{cm}^2$ )	t (jam)	K	$\rho$ ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	$\Delta W$ (gr)	CR (mm/year)
60	80	60,192	3	87400	7,9	0,0023	0,1409
	100					0,0020	0,1225
	120					0,0012	0,0735
100	80	60,192	3	87400	7,9	0,0024	0,1470
	100					0,0019	0,1164
	120					0,0010	0,0612

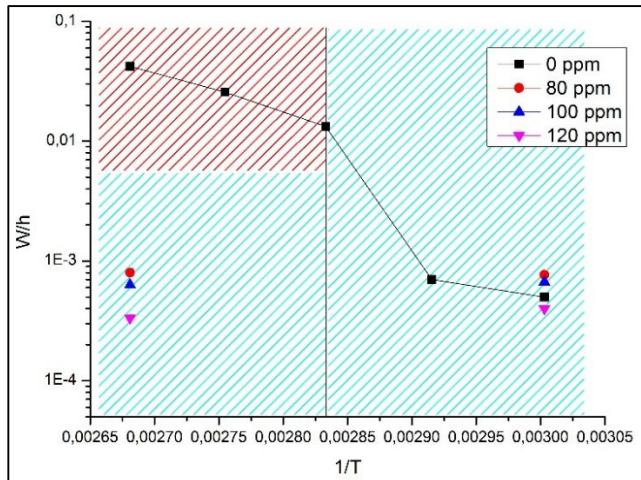
Dari hasil pengujian laju korosi dengan penambahan inhibitor yang ditunjukkan pada tabel 4.2, didapatkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$  dari 80 ppm menuju 120 ppm dapat menurunkan laju korosi. Berikut

ini grafik pengaruh nilai konsentrasi inhibitor *Methylene Blue* dalam menghambat laju korosi pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Pengaruh penambahan inhibitor

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor sangat mempengaruhi laju korosi. Penambahan inhibitor *methylene blue* untuk suhu 60 °C dan 100 °C tidak memiliki perbedaan yang signifikan, namun untuk perbedaan antara sebelum dan sesudah penambahan inhibitor menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Pada suhu 60 °C, penambahan inhibitor sebesar 80 ppm dan 100ppm justru menaikkan laju korosi dan laju korosi mengalami penurunan ketika konsentrasi inhibitor ditambah menjadi 120 ppm. Sedangkan untuk suhu 100 °C, penambahan inhibitor menunjukkan pengaruh besar dimana laju korosi yang terjadi mengalami penurunan yang drastis. Gambar 4.5 berikut ini menunjukkan hubungan temperatur dengan *weight loss* dan penambahan inhibitor dari proses pengujian yang telah dilakukan.



**Gambar 4.5** Pengaruh temperatur dan inhibitor terhadap laju korosi

Berdasar pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa penambahan inhibitor mempengaruhi perubahan warna pada sampel, dimana perubahan warna terjadi pada daerah yang diarsir warna merah. Sedangkan untuk konsentrasi inhibitor mempengaruhi nilai *weight loss* yang didapatkan dari pengujian.

#### 4.1.3 Hasil Pengukuran pH Akhir Larutan Setelah Pengujian

Data pengukuran pH setelah pengujian ditabulasikan pada tabel 4.3. Dari hasil pengukuran pH akhir setelah pengujian, didapatkan bahwa pengujian larutan NaCl dengan SO<sub>2</sub> menghasilkan pH yang lebih rendah dibandingkan dengan aquades, dimana pH yang didapatkan yaitu <2. Untuk temperatur, semakin tinggi temperatur maka semakin menurunkan kadar pH. Sedangkan untuk penambahan inhibitor, temperatur tinggi memiliki pH yang lebih besar dibandingkan dengan temperatur rendah, dan perbedaan konsentrasi inhibitor menunjukkan pH akhir yang fluktuatif.



**Tabel 4.3** Pengukuran pH Akhir









Keadaan	Suhu (°C)	Konsentrasi inhibitor (ppm)	pH akhir
Pada larutan aquades +SO <sub>2</sub>	60	-	2,7
	80		2,3
	100		2,1
Pada larutan NaCl + SO <sub>2</sub>	80	-	1,5
	90		1,1
	100		1,3
Pada larutan NaCl + SO <sub>2</sub> + inhibitor	60	80	1,4
		100	1,2
		120	1,7
	100	80	1,9
		100	1,8
		120	1,9











#### 4.1.4 Hasil Pengamatan Visual Korosi Pada Baja SS 316L



Pengamatan visual hasil pengujian laju korosi pada baja SS 316L, diperlukan untuk dapat melihat perbedaan antara sampel sebelum diuji dengan sampel yang sudah diuji dengan beberapa keadaan dan perlakuan yang berbeda. Berikut tabel 4.4 yang menunjukkan hasil foto pada sampel uji korosi.

**Tabel 4.4** Perbedaan Sampel Sebelum dan Sesudah Uji Korosi

Perlakuan uji		Sebelum di uji	Sesudah di uji
Variasi temperatur	60 °C		

Perlakuan uji		Sebelum di uji	Sesudah di uji
Variasi temperatur	70 °C		
	80 °C		
	90 °C		
	100 °C		

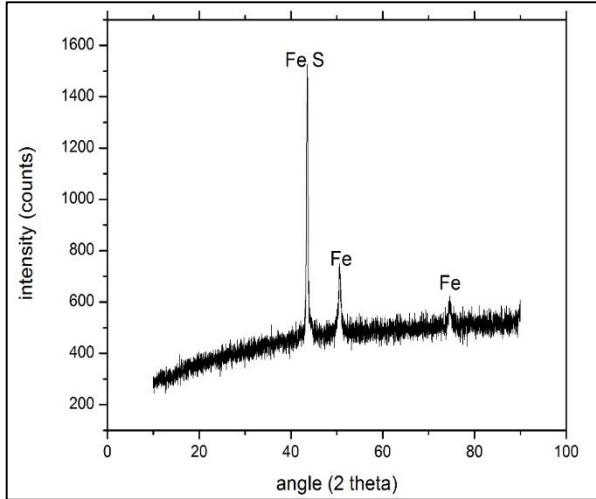
Perlakuan uji		Sebelum di uji	Sesudah di uji
Penambahan inhibitor pada suhu 60 °C	80 ppm		
	100 ppm		
	120 ppm		
Penambahan inhibitor pada suhu 100 °C	80 ppm		
	100 ppm		

Perlakuan uji		Sebelum di uji	Sesudah di uji
Penambahan inhibitor pada suhu 100 °C	120 ppm		

Berdasarkan tabel 4.4 perbedaan sampel sebelum dan sesudah uji korosi, dapat dilihat bahwa pada temperatur 60 °C dan 70 °C tidak begitu nampak perbedaannya, sedangkan pada temperatur 80 °C hingga 100 °C, memiliki perbedaan warna, dimana setelah pengujian sampel berubah menjadi hitam. Untuk penambahan inhibitor tidak nampak perbedaan antara sebelum dan sesudah pengujian, baik pengujian pada suhu 60 °C maupun pada suhu 100 °C.

#### 4.1.5 Hasil Pengujian XRD

Berdasarkan pengamatan visual korosi yang terjadi pada sampel sebelum dan sesudah pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4, dimana hasil yang ditunjukkan pada pengujian dengan temperatur tinggi menyebabkan terjadinya perubahan warna pada sampel. Dengan adanya perubahan warna tersebut kemudian dilakukan pengujian XRD untuk mengetahui senyawa yang terkandung didalamnya. Berikut gambar 4.6 yang merupakan hasil pengujian XRD.



**Gambar 4.6** Hasil pengujian XRD pada baja SS316L (JCPDS no. 01-080-1028)

Hasil pengujian XRD pada gambar 4.6, didapatkan bahwa peak tertinggi terdapat pada senyawa FeS, hal tersebut menunjukkan bahwa warna hitam yang dihasilkan dari pengujian korosi baja SS 316L yang ditunjukkan pada tabel 4.4 merupakan senyawa FeS. Adapun reaksi terbentuknya FeS menurut Weiner (2012) yaitu sebagai berikut.



Beberapa  $H_2S_{(aq)}$  terlarut akan terpartisi dengan udara sebagai  $H_2S_{(gas)}$ . B.RD. Gerus (1974) menjelaskan bahwa mekanisme korosi sulfidisasi akibat gas  $H_2S$  dalam lingkungan NaCl yaitu:

- Terjadi reaksi disosiasi gas  $H_2S$  dalam larutan:



- Terjadi reaksi oksidasi besi pada anoda :



Ion  $HS^-$  dan  $S^{2-}$  yang dihasilkan dari persamaan reaksi (4.3) dan (4.4) kemudian bereaksi dengan ion besi dari persamaan (4.5) membentuk besi sulfida dengan reaksi sebagai berikut.



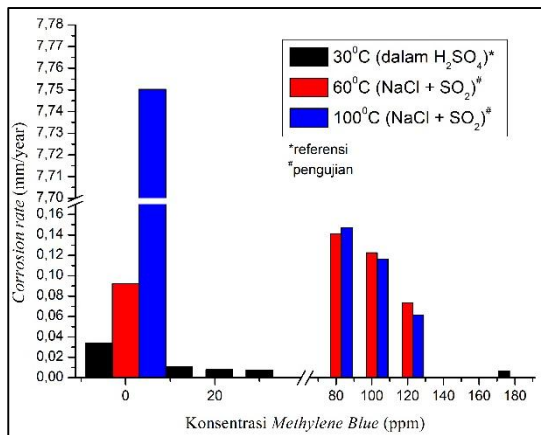


## 4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian laju korosi dengan variasi temperatur yang telah dilakukan, didapatkan nilai laju korosi yang memiliki kecenderungan semakin bertambah seiring dengan kenaikan temperatur dari temperatur 60 °C hingga 100 °C. Laju korosi yang memiliki kenaikan yang signifikan terjadi pada temperatur 70 °C menuju 80 °C hingga 100 °C yaitu mengalami kenaikan dari 0,12866 mm/year menjadi 2,44454 mm/year dan selanjutnya kenaikan yang terjadi mencapai 4,71753 mm/year pada suhu 90 °C dan 7,75023 mm/year pada suhu 100 °C. Kenaikan temperatur sangat mempengaruhi nilai laju korosi dimana semakin tinggi suhunya nilai laju korosi yang didapat juga semakin besar.

Untuk pengujian laju korosi dengan penambahan inhibitor, didapatkan hasil bahwa laju korosi yang terjadi mengalami penurunan sesuai dengan konsentrasi inhibitor yang diberikan, yaitu dengan penambahan inhibitor sebesar 80 ppm didapat laju korosi sebesar 0,14091 mm/year, dan untuk penambahan 100 ppm didapatkan laju korosi sebesar 0,12253 mm/year dimana mengalami penurunan  $\pm 0,01838$ . Sedangkan untuk penambahan inhibitor 120 ppm didapatkan laju korosi 0,07352 mm/year, yang mengalami penurunan  $\pm 0,04901$  dari penambahan inhibitor sebelumnya. Sesuai dengan grafik yang ditunjukkan pada gambar 5 bahwa penurunan laju korosi terjadi seiring dengan penambahan nilai konsentrasi inhibitor. Sedangkan untuk perubahan temperatur yang diberikan yaitu antara suhu 60 °C dan suhu 100 °C dengan konsentrasi inhibitor yang sama, perubahan nilai laju korosi yang terjadi tidak begitu signifikan, namun penurunan laju korosi paling besar terdapat pada penambahan inhibitor 120 ppm, baik pada suhu 60 °C maupun 100 °C. Untuk hubungan antara temperatur dengan *weight loss* dan penambahan inhibitor dari proses pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.5, dimana hasil

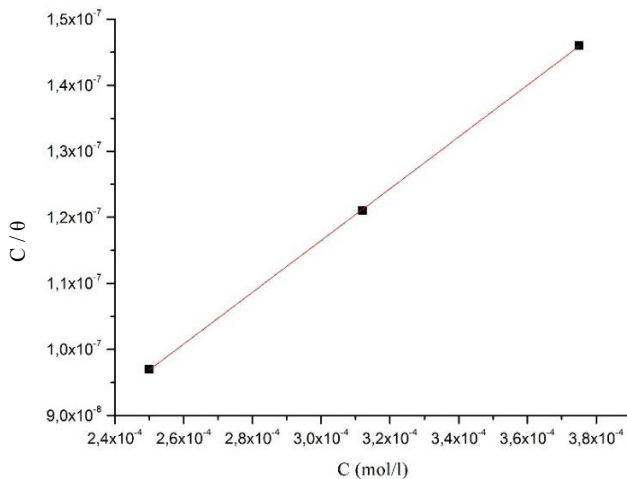
menunjukkan bahwa penambahan inhibitor dapat menghambat terjadinya perubahan warna pada sampel, dan penambahan konsentrasi inhibitor dapat memperkecil nilai laju korosi. Sedangkan jenis inhibitor yang digunakan adalah *methylene blue* dimana hasil penelitian yang telah dilakukan jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Benali (2011) didapatkan perbedaan hasil laju korosi yang ditunjukkan pada gambar 4.7 berikut.



**Gambar 4.7** Perbandingan hasil uji dengan referensi penelitian yang dilakukan oleh Benali (2011)

Gambar 4.7 menunjukkan perbandingan antara hasil pengujian dengan referensi terhadap penambahan inhibitor *methylene blue*, dimana hasil yang didapatkan memiliki perbedaan nilai yang cukup signifikan. Hal tersebut dapat terjadi, mengingat parameter pengujian yang dilakukan tidak sama dan juga tidak adanya pengendalian laju aliran terhadap SO<sub>2</sub> ketika dilakukan pengujian laju korosi. Sehingga hasil pengujian menunjukkan nilai laju korosi yang diperoleh cukup tinggi dibandingkan dengan referensi, dikarenakan larutan yang digunakan saat pengujian menghasilkan reaksi yang ditunjukkan pada persamaan (3.2), sedangkan larutan yang digunakan referensi adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, kedua

larutan tersebut memiliki tingkat keasaman yang berbeda. Selain itu temperatur pengujian juga sangat mempengaruhi nilai laju korosi, dimana temperatur yang digunakan saat pengujian lebih tinggi dibandingkan dengan referensi. Namun, keduanya memiliki persamaan yaitu hasil laju korosi yang didapatkan dengan penambahan *methylene blue* menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor yang diberikan, maka laju korosi yang didapatkan semakin menurun. *Methylene blue* juga memiliki nilai adsorpsi sebagaimana mekanisme kerja dari inhibitor yang mengalami adsorpsi pada permukaan logam. Hubungan antara konsentrasi per cakupan permukaan ( $C/\theta$ ) dengan konsentrasi inhibitor yang diberikan ( $C$ ), didapatkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut.



**Gambar 4.8** Hubungan antara  $C/\theta$  dan  $C$  dalam pengujian laju korosi dengan penambahan *methylene blue*

Berdasarkan gambar 4.8 didapatkan grafik linier yang menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* pada permukaan baja mengikuti adsorpsi isoterm Langmuir. Untuk perhitungan energi bebas adsorpsi ( $\Delta G_{\text{ads}}$ ) dengan menggunakan persamaan (2.9) didapatkan hasil pada tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.5** Energi Bebas Adsorbi

Temperatur (K)	$\Delta G_{\text{ads}}$ (kJ/mol)
333	-68,2
373	-76,3

Berdasarkan tabel 4.5 diketahui bahwa nilai energi bebas didapatkan hasil yang negatif, hal tersebut menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara spontan, dan untuk nilai yang didapatkan yaitu  $>-40\text{kJ/mol}$  maka terjadi proses adsorpsi kimia yang melibatkan transfer elektron dari molekul inhibitor ke permukaan logam untuk membentuk jenis ikatan koordinasi.

Untuk pengukuran pH yang dilakukan setelah pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3, dimana didapatkan hasil bahwa pengujian larutan NaCl dengan  $\text{SO}_2$  menghasilkan pH yang lebih rendah dibandingkan dengan larutan aquades yang ditambah  $\text{SO}_2$ , dimana pH yang didapatkan yaitu  $<2$ . Hal tersebut dapat terjadi karena hasil reaksi yang terjadi antara NaCl dengan penambahan  $\text{SO}_2$  tersebut menghasilkan produk samping yang berupa HCl dimana hal tersebut dapat memicu pH larutan yang didapat semakin asam.

Pengamatan visual terhadap sampel yang telah dilakukan pengujian laju korosi ditunjukkan pada tabel 4.4, hasil menunjukkan bahwa pada temperatur  $80\text{ }^\circ\text{C}$  hingga  $100\text{ }^\circ\text{C}$  sampel mengalami perubahan warna yang signifikan dimana warna sampel berubah menjadi hitam yang menunjukkan adanya korosi yang dialami sampel. Sesuai dengan hasil pengujian XRD yang ditunjukkan pada gambar 4.6, diperoleh hasil bahwa warna hitam menunjukkan adanya senyawa  $\text{FeS}$  yang terdapat pada sampel. Untuk penambahan inhibitor *methylene blue* pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi 80 ppm, 100 ppm, dan 120 ppm terbukti dapat mencegah terjadinya perubahan warna sampel pada pengujian korosi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Adanya inhibitor *methylene blue* mampu memberikan pengaruh dalam proses penghambatan terjadinya korosi yang terjadi pada SS 316L, hal tersebut dibuktikan dengan tidak adanya perubahan warna menjadi hitam pada sampel ketika di uji pada suhu 100 °C dengan penambahan inhibitor 80 ppm, 100 ppm, dan 120 ppm.
- Konsentrasi inhibitor sangat mempengaruhi keefektifan dari kinerja inhibitor dalam menurunkan laju korosi. Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan laju korosi seiring dengan penambahan konsentrasi pada inhibitor. Penurunan laju korosi terbesar pada suhu 60 °C terjadi pada penambahan konsentrasi 120 ppm yaitu sebesar 0,0735 mm/year dan pada suhu 100 °C yaitu sebesar 0,06126 mm/year.

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Internasional. (2004). ASTM G31-72: *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State
- Atlas Steel. 2011. Grade Data sheet 304 304L 304H. [www.atlassteel.com.au](http://www.atlassteel.com.au) (diakses 18 Februari 2018)
- Benali, Omar et al. 2011. Influence of the Methylene Blue Dye (MBD) on the corrosion inhibition of mild steel in 0.5 M sulphuric acid, Part I: weight loss and electrochemical studies. *J. Mater. Environ. Sci.* 2 (1): 39-48
- Dalimunthe, Indra Surya. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Medan: Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Emami, M. R. S. 2012. An Experimental and theoretical Investigation of corrosion mechanism in a Metallic Stack. *Iranian journal of Materials Science & Engineering*. Vol. 9, Number 3
- Emregu, K.C. et al. 2006. The application of some polydentate Schiff base compounds containing aminic nitrogens as corrosion inhibitors for mild steel in acidic media. *Corros. Sci.* 48, 3243–3260.
- Eugene R. Weiner. 2012. *Application of Environmental Aquatic Chemistry*. A Practical Guide. Third edition. New york: CRC Press
- Fontana, G. 1986. *Corrossion Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Gerus, B.R.D. 1974. *Detection and mitigation of weight loss corrosion in sour gas gathering system*. Shell Canada Ltd.
- Gunaatmaja, Andhi. 2011. Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %. Depok: Fakultas Teknik Departemen Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia.

- Hadi, Eko Waskito. 2008. Analisis Korosi Temperatur Tinggi Akibat Garam Cair Pada Pipa Superheater Boiler. Bandung: Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Insitutut Teknologi Bandung
- Huijbregts, W. M. M., and Leferink, R. 2004. Latest Advances in the understanding of Acid Dewpoint Corrosion: Corrosion and Stress Corrosion Cracking in Combustion Gas Condensate. *Anti-Corrosion methods and Materials*. 51 (3): 173-188
- Ibisi N.E and Amadi S.O. 2015. Corrosion Inhibition of Mild Steel in HCl using Methylene Blue as Inhibitor. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*. 6 (1): 38-41
- Jones, Denny. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. New York: Macmillan Publishing Company
- Khotimah, Rendita dkk. 2014. Efisiensi Inhibisi Ekstrak Etanol Cabe Jawa Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon Dalam Larutan NaCl 1% Jenuh CO<sub>2</sub>. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, Jilid 5 No. 2, ISSN 2087-7412
- Lopez, D.A. et al. 2005. Inhibitors performance in CO<sub>2</sub> corrosion EIS studies on the interaction between their molecular structure and steel microstructure. *Corros. Sci.* 47, 735–755.
- Lutz, Bradley Scott. 2012. *A Comparison Of The Corrosion Products and Mechanisms Of Various Forms Of Deposit-Induced Corrosion at 700°C*. The Swanson School of Engineering University of Pittsburgh
- Nursanto, Edy dkk. 2011. Keterdapatan dan Tipe Mineral Pada Batubara Serta Metode Analisisnya. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol. 4 No.1, ISSN 1979-8415
- Octaviawan, Nur Aziz. 2012. Studi Pengaruh Laju Alir Fluida Terhadap Laju Korosi Baja API 5L X-2 Menggunakan Metode Polarisasi Pada Lingkungan NaCl 3,5% Yang Mengandung Gas CO<sub>2</sub>. Depok: Fakultas Teknik, Program Studi Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia



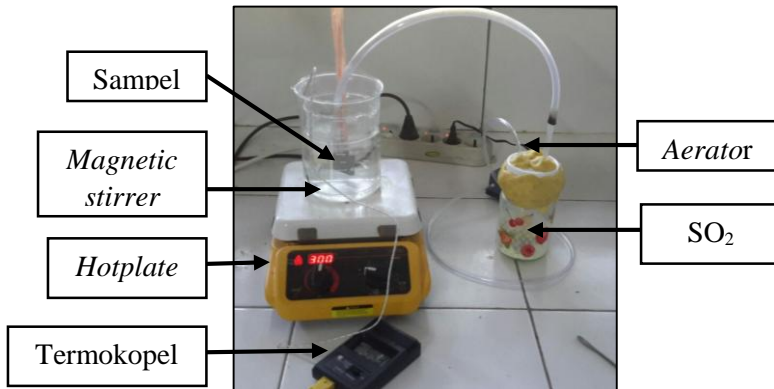
- Palupi, Endang. 2006. Degradasi *Methylene Blue* dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film  $\text{TiO}_2$ . Bogor: Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Shaopeng Guo *et al.* 2013. Kinetics of Oxidation Inhibition of Sodium Sulphite in Wet Flue Gas Desulphurization Process. *Asian Journal of Chemistry*. 25 (10): 5381-5384
- Suciningtyas, Siti Aisyah. 2015. Daur Ulang Minyak Jelantah Untuk Material Fotokatalis Carbon Nanodots Penjernih Air. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
- Sumarji. 2011. Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik dengan Variasi Suhu dan pH. *Jurnal ROTOR*, Volume 4 Nomor1
- Tandiayu, Yulius Erwin. 2017. Studi Penanggulangan Dampak Korosi Terhadap Jalur Off-Gas Setelah Konversi Bahan Bakar HSFO Menjadi Pulverized Coal di Unit Pengolahan Nikel Rotary Dryer PT. Vale Indonesia Tbk.
- Trethewey, K.R. and Chamberlain, J. (1995). *Corrosion for Science and Engineering 2nd Edn*, Longman (UK).
- Xianghong Li *et al.* 2010. Blue tetrazolium as a novel corrosion inhibitor for cold rolled steel in hydrochloric acid solution. *Corrosion Science*. 52 (9): 2786-2792



## LAMPIRAN A (Dokumentasi Pengujian Laju Korosi)



**Gambar 1.** Sampel baja SS 316L



**Gambar 2.** *Set Up* alat pengujian laju korosi



**Gambar 3.** Larutan elektrolit NaCl 3,5%



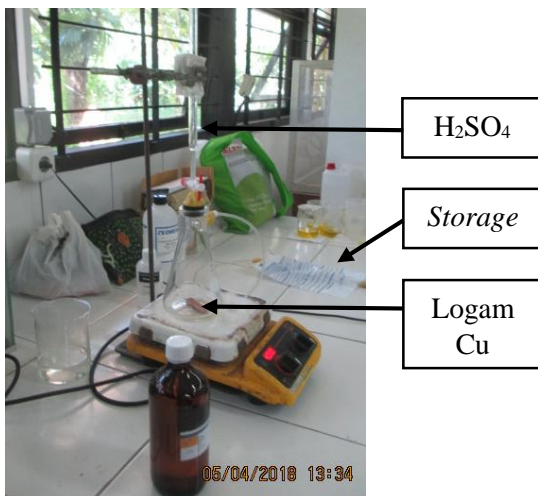
**Gambar 4.** Pengujian laju korosi tanpa inhibitor



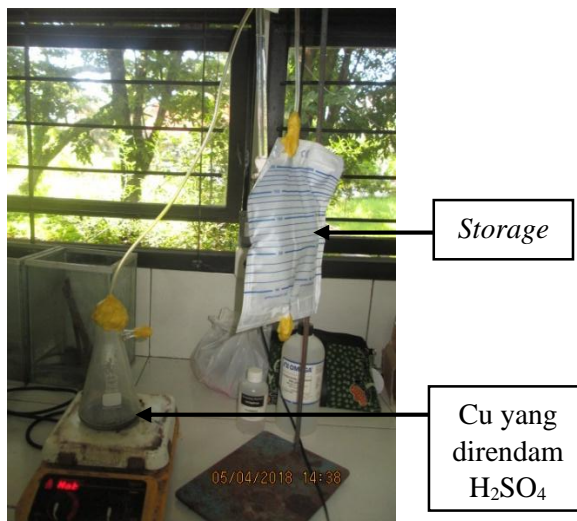
**Gambar 5.** Larutan NaCl dengan penambahan inhibitor



**Gambar 6.** Pengujian laju korosi dengan penambahan inhibitor

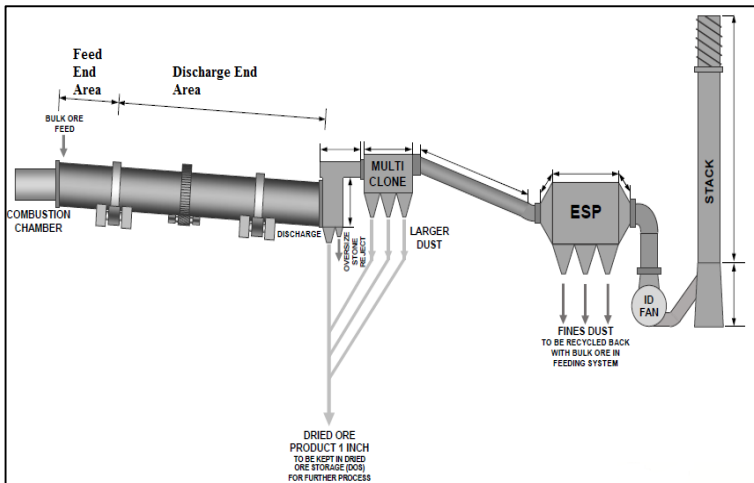


**Gambar 7.** Percobaan pembuatan gas  $\text{SO}_2$  dengan meneteskan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada logam Cu



**Gambar 8.** Percobaan pembuatan gas  $\text{SO}_2$  dengan merendam dan memanaskan logam Cu dalam larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

## LAMPIRAN B (Dokumentasi Keadaan *Plant*)



**Gambar 9.** Jalur *Off-gas rotary dryer*



**Gambar 10.** Keadaan *real plant* yang mengalami korosi



**Gambar 11.** *Equipment plant* yang mengalami korosi



**Gambar 12.** Korosi yang terjadi pada *stack*



**Gambar 13.** Penipisan material akibat korosi

## BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap Hilyatul A'imah, lahir di Sidoarjo pada tanggal 10 Agustus 1995 dan merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Masangan Kulon. Tahun 2010 penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Taman. Tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Taman. Tahun 2016, penulis menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi ITS. Pada tahun 2018 penulis akhirnya melaksanakan Tugas Akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 dengan judul Studi Penambahan Inhibitor Pada Baja Karbon di Jalur *Off-Gas* Unit Pengolahan Nikel *Rotary Dryer*. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui [aimah.ep.its@gmail.com](mailto:aimah.ep.its@gmail.com).